

## 長時間運動による脳グリコゲンの減少と超回復： マイクロ波照射法を用いた検討

著者	松井 崇
内容記述	筑波大学博士（体育科学）学位論文・平成24年3月23日授与（甲第6190号）
発行年	2012
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/117887">http://hdl.handle.net/2241/117887</a>

氏 名 (本籍)	まつ い たかし 松 井 崇 (福 井 県)
学 位 の 種 類	博 士 (体育科学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 6190 号
学位授与年月日	平成 24 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	人間総合科学研究科
学 位 論 文 題 目	長時間運動による脳グリコゲンの減少と超回復：マイクロ波照射法を用いた検討
主 査	筑波大学教授 医学博士 征 矢 英 昭
副 査	筑波大学教授 医学博士 大 森 肇
副 査	筑波大学教授 教育学博士 西 保 岳
副 査	筑波大学教授 博士 (医学) 一 谷 幸 男

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

### (目的)

運動時の脳では骨格筋と同様に、貯蔵糖質であるグリコゲンが細胞の活動に不可欠とされるが、その代謝についての情報は皆無である。その原因として、脳グリコゲンは代謝が極めて早く、摘出した脳グリコゲン定量が難しいことが挙げられる。本研究では、脳グリコゲン定量のゴールドスタンダードであるマイクロ波照射法を導入し、長時間運動による脳グリコゲン動態を明らかにすることを目的とした。

### (対象と方法)

まず、マイクロ波照射法を用いた運動時の正確な脳グリコゲン定量法を開発し (研究課題 1)、その上で、脳グリコゲンが運動時に利用されるかどうかを明らかにするため、低血糖ならびに筋・肝グリコゲンの枯渇をもたらす長時間運動モデルを用い、脳グリコゲン枯渇が起こるかどうかを異なる持続時間から詳細に検討した。その際、グリコゲン分解の指標となる脳内乳酸、グリコゲン分解を促し、その代謝過剰が中枢疲労の原因になるとされるセロトニン (5-HT)、ノルアドレナリン (NA) の代謝動態についても筋・肝との比較から検討した (研究課題 2)。更に、脳内グリコゲン代謝を左右するグリコゲン再合成率についても筋・肝との比較から検討した (研究課題 3)。

### (結果)

運動時でも正確な脳グリコゲン定量が可能となり、その方法を用いると、長時間運動時に血糖値の低下度と比例して脳グリコゲンの減少が起こること、その変化は脳内乳酸と負の相関を示すこと、更に、脳内 5-HT/NA はグリコゲン減少と負の相関を示すことが明らかとなった。加えて、長時間運動後の脳グリコゲンは筋・肝よりも早く再合成され、元の水準よりも高いレベルにまで回復 (超回復) すること、それは運動による減少率が大きい脳部位ほど大きく起こること、長期運動が脳グリコゲン安静時濃度の増加を引き起こすことも確認した。

### (考察)

以上の結果は、脳グリコゲンが長時間運動時に利用され、その後の迅速な再合成を基盤としたトレーニング

グ適応を起こすことを示唆する。これは、中枢（脳）疲労予防や認知機能の向上を目的とした運動・栄養処方開発の新たな指標となる可能性が高く応用的価値は高いと思われる。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

運動時の脳は骨格筋と同様に興奮する。脳グリコゲンが増加したエネルギー需要を満たす重要な基質であるとされるが、運動時の脳グリコゲン代謝はこれまで全く検討されてこなかった。脳グリコゲンは代謝が極めて早く、実験動物の屠殺後急速に枯渇してしまうため定量が困難だったからである。本論文は、その問題の解決策として脳グリコゲン定量のゴールドスタンダードであるマイクロ波照射法を導入し、運動による脳グリコゲン動態について初めて検討したものである。

まず、マイクロ波照射法を用いた運動時の正確な脳グリコゲン定量を確立し、その方法を用いると、長時間運動時の低血糖と比例して脳グリコゲン濃度が減少すること、その減少は脳内乳酸と負の相関を示すこと、更に、脳内のセロトニンおよびノルアドレナリン代謝はグリコゲン減少と負の相関を示すことが明らかとなった。加えて、長時間運動後の脳グリコゲンは筋および肝グリコゲンよりも素早く再合成され、元の水準よりも高いレベルにまで回復（超回復）すること、それは運動による減少率が大きい脳部位ほど大きく起こること、更に、運動終了の24時間後まで長引く超回復が観察された皮質と海馬のグリコゲンは、運動トレーニングにより安静時濃度を増加させることも確認した。

これら一連の新しい知見は、脳グリコゲンが長時間運動時に分解・利用され減少し、その後の超回復を基盤として、運動トレーニングによる代謝適応を起こすことを初めて示唆した。更に、長時間運動時の脳グリコゲン減少は中枢性疲労の新たな指標となる可能性も示したことから、脳グリコゲンを指標とした、中枢疲労を軽減するための運動・栄養処方の開発につながるかもしれない。本論文は、運動による脳グリコゲン代謝という運動生理・生化学研究の新たな研究課題の開拓に寄与した非常に有意義な研究であるとして専門委員会が高く評価された。

平成24年1月13日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。